

This Page Is Inserted by IFW Operations  
and is not a part of the Official Record

## **BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images may include (but are not limited to):

- BLACK BORDERS
- TEXT CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- FADED TEXT
- ILLEGIBLE TEXT
- SKEWED/SLANTED IMAGES
- COLORED PHOTOS
- BLACK OR VERY BLACK AND WHITE DARK PHOTOS
- GRAY SCALE DOCUMENTS

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning documents *will not* correct images,  
please do not report the images to the  
Image Problem Mailbox.**



Practitioner's Docket No.: 782\_231

**PATENT**

**IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE**

In re the application of: Yasuharu SHIRAI and Hideki ARAKI

Ser. No.: 10/606,485

Group Art Unit: Not assigned

Filed: June 26, 2003

Examiner: Not assigned

Conf. No.: 5643

For: MATERIAL DEFECT EVALUATION APPARATUS USING POSITRON  
AND ITS EVALUATION METHOD

Mail Stop Missing Parts  
Commissioner for Patents  
P.O. Box 1450  
Alexandria, VA 22313-1450

I hereby certify that this correspondence is being deposited  
with the United States Postal Service as first class mail  
addressed to Mail Stop Missing Parts, Commissioner for  
Patents, P.O. Box 1450, Alexandria, VA 22313-1450 on  
November 19, 2003.

*Janet M. Stevens*  
Janet M. Stevens

**SUBMISSION OF CERTIFIED COPY OF PRIORITY DOCUMENT**

Sir:

The benefit of the filing date of the following prior foreign application filed in the  
following foreign country was requested by applicants on June 26, 2003 for the  
above-identified application:

<u>Country</u>	<u>Application Number</u>	<u>Filing Date</u>
Japan	2002-187,249	June 27, 2002

In support of this claim, a certified copy of the Japanese Application is enclosed  
herewith.

Respectfully submitted,

November 19, 2003  
Date

*Stephen P. Burr*  
Stephen P. Burr  
Reg. No. 32,970

SPB:jms

BURR & BROWN  
P.O. Box 7068  
Syracuse, NY 13261-7068

Customer No.: 25191  
Telephone: (315) 233-8300  
Facsimile: (315) 233-8320



JAPAN PATENT OFFICE

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

Date of Application : June 27, 2002

Application Number : Japanese Patent Application  
No. 2002-187249

[ST. 10/C] : [JP2002-187249]

Applicant(s) : President of OSAKA UNIVERSITY

Certified on August 16, 2002

Commissioner,

Japan Patent Office

Shinichiro OTA (Sealed)

Certification No. 2002-3062586



JAPAN PATENT OFFICE

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

Date of Application : June 27, 2002

Application Number : Japanese Patent Application  
No. 2002-187249

[ST. 10/C] : [JP2002-187249]

Applicant(s) : President of OSAKA UNIVERSITY

Certified on August 16, 2002

Commissioner,  
Japan Patent Office

Shinichiro OTA (Sealed)

Certification No. 2002-3062586

日本国特許庁  
JAPAN PATENT OFFICE

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office

出願年月日  
Date of Application:

2002年 6月27日

出願番号  
Application Number:

特願2002-187249

[ST.10/C]:

[JP2002-187249]

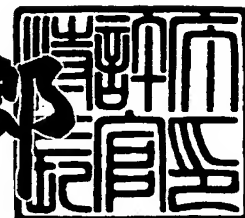
出願人  
Applicant(s):

大阪大学長

2002年 8月16日

特許庁長官  
Commissioner,  
Japan Patent Office

太田信一郎



出証番号 出証特2002-3062586

【書類名】 特許願

【整理番号】 U2001P089

【提出日】 平成14年 6月27日

【あて先】 特許庁長官 及川 耕造 殿

【国際特許分類】 G01N 23/22

【発明の名称】 陽電子を用いた材料欠陥診断装置および診断方法

【請求項の数】 6

【発明者】

    【住所又は居所】 京都府京都市北区鷹峯土天井町 2 3 - 1 0 1

    【氏名】 白井 泰治

【発明者】

    【住所又は居所】 兵庫県宝塚市売布 4 - 1 5 - 2 6

    【氏名】 荒木 秀樹

【特許出願人】

    【識別番号】 391016945

    【氏名又は名称】 大阪大学長 岸本 忠三

【代理人】

    【識別番号】 100072051

    【弁理士】

    【氏名又は名称】 杉村 興作

【選任した代理人】

    【識別番号】 100059258

    【弁理士】

    【氏名又は名称】 杉村 暁秀

【提出物件の目録】

    【物件名】 明細書 1

    【物件名】 図面 1

    【物件名】 要約書 1

    【包括委任状番号】 9709713

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 陽電子を用いた材料欠陥診断装置および診断方法

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 陽電子を被測定材料に入射させ、その陽電子の寿命を測定することにより、被測定材料の劣化度合を評価する材料欠陥診断装置であって、陽電子線源、陽電子検出器および  $\gamma$  線検出器を備え、陽電子線源と陽電子検出器を、光を通さない容器の中に設けるとともに、陽電子線源から照射されて、陽電子検出器を透過した陽電子を、外部に取り出す陽電子取り出し窓を容器に設けたことを特徴とする陽電子を用いた材料欠陥診断装置。

【請求項 2】  $\gamma$  線検出器が、陽電子線源をはさんで、陽電子検出器とは反対側の容器外に設けられている請求項 1 記載の陽電子を用いた材料欠陥診断装置。

【請求項 3】 陽電子線源の陽電子検出器とは反対側であって容器内に、陽電子寿命が既知の材料から成り、しかも、測定しようとしている被測定材料の陽電子寿命とかさならない陽電子遮蔽材を設けた請求項 1 または 2 記載の陽電子を用いた材料欠陥診断装置。

【請求項 4】 陽電子取り出し窓に金属箔を用いる請求項 1 ～ 3 のいずれか 1 項に記載の陽電子を用いた材料欠陥診断装置。

【請求項 5】 陽電子検出器がアバランシェフォトダイオードである請求項 1 ～ 4 のいずれか 1 項に記載の陽電子を用いた材料欠陥診断装置。

【請求項 6】 請求項 1 ～ 5 のいずれか 1 項に記載の陽電子を用いた材料欠陥診断装置を用いて、陽電子線源から照射された陽電子の通過を陽電子検出器で検出し、陽電子取り出し窓から取り出された陽電子を被測定材料に照射し、被測定材料中で消滅した陽電子による  $\gamma$  線の発生を  $\gamma$  線検出器で検出し、陽電子検出器で陽電子の通過を検出した時から  $\gamma$  線検出器で  $\gamma$  線の発生を検出した時までの時間で定義される陽電子寿命から被測定材料の材料欠陥を診断することを特徴とする診断方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】



本発明は、陽電子を被測定材料に入射させ、その陽電子の寿命を測定することにより、被測定材料の劣化度合を評価する材料欠陥診断装置および診断方法であって、特に、ポータブルに構成でき非破壊診断をその場で行うことのできる材料欠陥診断装置および診断方法に関するものである。

【0002】

【従来の技術】

陽電子は電子と同じ質量を持ち、電子の電荷と絶対値が等しく、符号が反対の電荷を有する粒子である。陽電子は $\beta^+$ 崩壊する放射性同位元素、例えば $^{22}\text{Na}$ 等から放出されるが、この陽電子源から放出された数百keVの陽電子が試料に照射されると、試料中に飛び込んだ陽電子が電子やイオンと衝突を繰り返し、それによって1ピコ秒( $10^{-12}$ 秒)程度の短い時間で陽電子は熱エネルギー程度まで減速される。熱化された陽電子は、試料が金属の場合には、約100～300ピコ秒の寿命(各金属に固有)で電子と対消滅する。試料中に、空格子点等の欠陥が存在すると、陽電子はそこに捕捉され、欠陥に固有の長い寿命(約150～500ピコ秒)で消滅する。そこで、陽電子が、試料中で消滅するまでの寿命を測定することによって、欠陥に関する情報を得ることができる。

【0003】

陽電子寿命測定法としてはサンドイッチ法が知られている。放射性同位元素 $^{22}\text{Na}$ は $\beta^+$ 崩壊によって陽電子を放出するが、その際に、1.28MeVのエネルギーを持つ $\gamma$ 線を放出する。一方、陽電子が材料中で電子と対消滅するときには、0.51MeVの $\gamma$ 線が放出される。そこで、陽電子寿命を測定するために、まず、陽電子寿命を測定したい材料からなる試験片を2枚用意し、それで線源をはさみ、線源から放出された陽電子が全て被測定材料中に入射するようにする。そして、2台の $\gamma$ 線検出器を用いて、1台で1.28MeVの $\gamma$ 線を検出して陽電子発生時刻を知り、もう1台で0.51MeVの $\gamma$ 線を検出して陽電子消滅時刻を知り、その時間差から、材料中の陽電子寿命を測定する。この方法では、厳密には、陽電子が発生した時刻と材料中に入射した時刻は異なるが、線源と試験片を近接させておけば、実際上は、陽電子発生時刻と材料中に入射した時刻を同じと考えて良い。

【0004】

【発明が解決しようとする課題】

サンドイッチ法では、同質の試験片が2枚必要である。これは試験片が1枚では、せppかく1. 28 MeVの $\gamma$ 線を検出して発生時刻を知り得た陽電子があつても、そのうち過半数が試験片以外の材料または大気中で消滅してしまうため、正確に被測定材料の陽電子寿命を測定する事ができないためである。陽電子寿命測定は原理的には非破壊測定法ではあるのだが、この測定上の制約のために現状では構造材料の非破壊診断に応用できないでいる。また、実験室での測定においても、1枚の試験片で陽電子寿命が測定できれば、世の中に1つしか存在しない貴重な試料の測定も可能になるうえ、通常の試料であっても試料を作製準備する手間とコストを削減できる。

【0005】

1枚の試験片で陽電子寿命を測定できる方法として、2台の陽電子レンズを用いて、線源から放出される陽電子を収束させて試験片に照射する方法が提案されている（白井泰治他：日本金属学会誌59巻6号（1995）p679、および、白井泰治：生産と技術48巻4号（1996）p50）。この方法では、試験片は1枚でよいが、真空チャンバー内に試験片を入れる必要があるため、大きな試料の測定はできず、また、真空装置と電磁レンズが必要であるため、装置が高価になるという問題があった。

【0006】

一方、従来法では陽電子の入射時刻を知るために、1. 28 MeVの $\gamma$ 線を検出する必要がある。高エネルギーの $\gamma$ 線から高速のタイミング信号を取り出すためには、高速シンチレータと高速の光増倍管を用いる必要があり、時間分解能を低下させずにスタート検出器を約50 mm $\phi$ ×約250 mmL以下に小型化することは不可能であった。ストップ検出器も同様である。このように大きな検出器を2台必要とするため非破壊検査への適用はほとんど不可能であった。

【0007】

本発明の目的は上述した課題を解消して、大型構造物の陽電子寿命を非破壊かつその場で、さらに短時間で効率よく測定することができる陽電子を用いた材料

欠陥診断装置および診断方法を提供しようとするものである。

【0008】

【課題を解決するための手段】

本発明の陽電子を用いた材料欠陥診断装置は、陽電子を被測定材料に入射させ、その陽電子の寿命を測定することにより、被測定材料の劣化度合を評価する材料欠陥診断装置であって、陽電子線源、陽電子検出器および $\gamma$ 線検出器を備え、陽電子線源と陽電子検出器を、光を通さない容器の中に設けるとともに、陽電子線源から照射されて、陽電子検出器を透過した陽電子を、外部に取り出す陽電子取り出し窓を容器に設けたことを特徴とするものである。

【0009】

また、本発明の診断方法は、上述した構成の陽電子を用いた材料欠陥診断装置を用いて、陽電子線源から照射された陽電子の通過を陽電子検出器で検出し、陽電子取り出し窓から取り出された陽電子を被測定材料に照射し、被測定材料中で消滅した陽電子による $\gamma$ 線の発生を $\gamma$ 線検出器で検出し、陽電子検出器で陽電子の通過を検出した時から $\gamma$ 線検出器で $\gamma$ 線の発生を検出した時までの時間で定義される陽電子寿命から被測定材料の材料欠陥を診断することを特徴とするものである。

【0010】

従来のサンドイッチ法では、1. 28 MeVの $\gamma$ 線を検出することによって、陽電子発生時刻を知り、この陽電子発生時刻をもって陽電子が被測定材料中に入射した時刻としている。このため、線源と被測定材料との間に距離があってはならず、線源と被測定材料を密着させねばならない。その結果、被測定材料は常に線源による汚染の危険にさらされてしまっている。また、1. 28 MeVの $\gamma$ 線の放出される方向と陽電子が放出される方向には相関がないために、1. 28 MeVの $\gamma$ 線検出によって陽電子放出方向を特定できない。このため、いずれの方向に陽電子が放出されたとしても、全ての陽電子は被測定材料中で消滅するように、線源を被測定材料で覆う必要があった。1. 28 MeVの $\gamma$ 線発生時刻から陽電子発生時刻を知るのではなく、被測定材料に入射する陽電子を直接検出して、それを陽電子発生時刻として利用すれば、サンドイッチ法の場合のように、線源

を被測定材料で覆う必要はなくなる。以上の検討の結果、本発明者は、上記陽電子を用いた材料欠陥診断装置および診断方法を見い出した。

#### 【0011】

##### 【発明の実施の形態】

図1は本発明の陽電子を用いた材料欠陥診断装置の一例の構成を示す図である。図1に示す例において、陽電子を被測定材料に入射し、その陽電子の寿命を測定することにより、被測定材料の劣化度合を評価する材料欠陥診断装置1は、陽電子線源2、陽電子検出器3および $\gamma$ 線検出器4を備えている。また、陽電子線源2と陽電子検出器3を、光を通さない容器5中に設けるとともに、陽電子線源2から照射されて、陽電子検出器3を透過した陽電子を、外部に取り出す陽電子取り出し窓6を容器5に設けている。

#### 【0012】

図1に示す例では、さらに好ましい態様として、 $\gamma$ 線検出器4を、陽電子線源2をはさんで、陽電子検出器3とは反対側の容器5外に設けるとともに、陽電子線源2の陽電子検出器3とは反対側であって容器5の内部に、陽電子寿命が既知の材料から成り、しかも、測定しようとしている被測定材料の陽電子寿命とかならない陽電子遮蔽材7を設けている。上述した構成の本発明の材料欠陥診断装置1はコンパクトに構成できるため、原子炉やジェットエンジン、発電用大型タービン等の重要機器を構成する材料の照射損傷や疲労、クリープ損傷の進行度を、現場で非破壊診断することができる。

#### 【0013】

上述した構成の本発明の陽電子を用いた材料欠陥診断装置1では、以下のようにして材料欠陥を診断する。まず、材料欠陥診断装置1を、図1に示すように、被測定材料11の近傍にセットする。そして、陽電子線源2から照射された陽電子の通過を、陽電子検出器3で検出する。検出した時刻を陽電子発生時刻とする。そして、陽電子取り出し窓6から取り出された陽電子を被測定材料11に照射し、被測定材料11中で消滅した陽電子による $\gamma$ 線の発生を、 $\gamma$ 線検出器4で検出する。検出した時刻を陽電子消滅時刻とする。その後、陽電子発生時刻から陽電子消滅時刻までの時間で定義される陽電子寿命を図示しない演算装置で求め、

求めた陽電子寿命から被測定材料 11 の欠陥を診断する。

【0014】

被測定材料 11 の材料欠陥を陽電子寿命から診断する方法は、従来と同じである。一例として、図 2 にステンレス鋼についての陽電子平均寿命と疲労寿命比との関係を応力一定の場合と歪み一定の場合で示す。図 2 のグラフにおいて、疲労寿命比 ( $N/N_f$ ) 0% が未損傷材を示し、疲労寿命比 100% が破断を示す。図 2 の結果から、陽電子平均寿命を知ること、被測定材料 11 が現在どのような状況にあるのか、例えば、あとどの程度材料の寿命があるのか、を知ることができる。

【0015】

以下、本発明の材料欠陥診断装置 1 を構成する各部材について詳細に説明する。まず、陽電子線源 2 には、 $\beta^+$  崩壊によって陽電子を発生する放射性同位元素、例えば  $^{22}\text{Na}$  や  $^{68}\text{Ge}$  を用いることができる。このような放射性同位元素から放出される陽電子は、通常、300 keV から 800 keV 程度の運動エネルギーを持っており、厚さが 0.01 mm 程度の金属箔であれば容易に通り抜けることができる。陽電子取り出し窓 6 は、陽電子を透過させるために十分薄くしかも破損し難いように、強度が強い必要がある。そのためには、陽電子取り出し窓 6 として、厚さが 0.01 mm 程度のベリリウム箔、チタン箔、ニッケル箔等の金属箔を用いることが好ましい。

【0016】

陽電子の透過を検出し、しかも、陽電子を透過させる陽電子検出器 3 には、厚さが 0.1 mm 程度のシリコン製アバランシェフォトダイオードを用いることができる。ただし、陽電子検出器 3 は、陽電子の他に光を検出してしまうので、遮光のために光を通さない容器 5 に入れる必要がある。また、陽電子検出器 3 に入射した陽電子の一部は、陽電子検出器 3 内で散乱されて、後方に戻ってくる。この散乱陽電子は、一部は線源 2 内で消滅し、残りは線源 2 を通りぬけて後方の容器 5 にあたる。このような陽電子が消滅するときの  $\gamma$  線はノイズとなるので、陽電子線源 2 の後方には、陽電子寿命が既知で、しかも、測定しようとしている被測定材料 11 の陽電子寿命とかさならない材料を陽電子遮蔽材 7 として設けるこ

とが好ましい。そのような材料を陽電子遮蔽材 7 として選択することで、その陽電子寿命に基づき信号の補正をすることができる。陽電子遮蔽材 7 は、通常金属材料であれば、厚さが 1 mm 程度で十分である。もちろん、遮光用の容器 5 の材料に、このような陽電子遮蔽材 7 を用いて、両者を兼用することもできる。

## 【 0 0 1 7 】

陽電子検出器 3 内の散乱によって大きく方向が変わった陽電子を除いた、陽電子検出器 3 を通過した陽電子を、全て、被測定材料 1 1 に入射させるために、陽電子取り出し窓 6 は、陽電子検出器 3 の有効部より面積が大きく、かつ、陽電子検出器 3 に近接させて設けることが好ましい。陽電子取り出し窓 6 から取り出された陽電子を被測定材料 1 1 に照射し、被測定材料 1 1 中で消滅した陽電子による  $\gamma$  線を  $\gamma$  線検出器 4 で検出するのであるが、 $\gamma$  線を捕獲する立体角を大きくとるために、 $\gamma$  線検出器 4 は、陽電子が被測定材料 1 1 に照射される真上、つまり、陽電子線源 2 をはさんで、陽電子検出器 3 の反対側に設置することが好ましい。 $\gamma$  線は物質の透過能が大きいので、間に陽電子線源 2 や陽電子遮蔽材 7、陽電子検出器 3 がはいっても、これらの障害物による  $\gamma$  線のロスは、ほとんど無い。なお、 $\gamma$  線検出器 4 は、通常、可視光線も検出してしまうため遮光して使用するので、陽電子検出器 3 の遮光容器 5 の中に、 $\gamma$  線検出器 4 を一緒に入れて遮光用の容器 5 を兼用することもできる。

## 【 0 0 1 8 】

$\gamma$  線検出器 4 では、陽電子検出器 3 を通過し、被測定材料 1 1 内で陽電子による  $\gamma$  線（これが測定したい信号である）のほかに、陽電子検出器 3 の後方に散乱されて、陽電子線源 2 あるいは線源 2 の後方の陽電子遮蔽材 7 で消滅した  $\gamma$  線と、陽電子検出器 4 に入射せずに、線源 2 内あるいは容器 5 内で消滅する陽電子による  $\gamma$  線も検出してしまう。陽電子検出器 3 に入射せずに、線源 2 内あるいは容器 5 内で消滅する陽電子による  $\gamma$  線の影響は、次のように、弱い陽電子線源 2 を用いることによって小さくすることができる。

## 【 0 0 1 9 】

通常、陽電子寿命は、物質内で 1 0 0 ピコ秒から数ナノ秒程度であるので、1 個の陽電子が陽電子検出器 3 を透過してから消滅するまでの数ナノ秒の間に他の

陽電子が発生しないように、弱い陽電子線源 2 を用いることが好ましい。例えば、10 マイクロキュリーの線源では、放出される陽電子数は毎秒 36 万個であり、陽電子は約 3 マイクロ秒に 1 個しか放出されない。陽電子検出器 3 で陽電子が検出されてから、10 ナノ秒以内に  $\gamma$  線が放出された場合にのみ信号として計測することになると、陽電子検出器 3 を通過した陽電子が、被測定材料 11 中で消滅して発生した  $\gamma$  線の信号と、1 個の陽電子が陽電子検出器 3 を透過して 10 ナノ秒以内に偶然他の陽電子が発生して容器 5 内で消滅して発生する  $\gamma$  線による信号との比を、 $1/300$  以下にできる。このように弱い線源 2 を用いても、陽電子は毎秒 36 万個発生しているため、陽電子検出器 3 を透過した陽電子の数のみ計測しても、通常のサンドイッチ法で測定されているよう、毎秒 100 カウント程度の信号は容易に得られる。

#### 【0020】

一旦、陽電子検出器 3 に入射し、陽電子検出器 3 内で後方に散乱されて、線源 2 あるいは線源 2 の後方の容器 5 で消滅した  $\gamma$  線による信号については、陽電子検出器 3 の厚さを薄くすることによって低減させることが可能であるが、さらに、先に陽電子遮蔽材 7 について述べたように、測定しようとする被測定材料 11 と陽電子寿命がかさならない材料を容器 5 の材料に選び、信号から、容器 5 の陽電子寿命成分を差し引くことによって、補正を行うことができる。

#### 【0021】

以下、本発明の材料欠陥診断装置 1 を構成する各部材の作用について説明する。まず、陽電子検出器 3 にアバランシェフォトダイオードを用いると好ましいのは、陽電子が透過できるように陽電子検出器 3 の厚さを 0.1 mm 程度に薄くしても、陽電子をほとんど 100% 検出できるからである。その結果、従来法に比べ、陽電子検出器 3 の体積を約 1000 分の 1 にすることができる。陽電子検出器 3 を光を通さない容器 5 に入れるのは、そうしないと、陽電子検出器 3 が外部の光を検出して信号（ノイズ）を発生するからである。陽電子線源 2 は、必ずしも光を通さない容器に入れる必要はないが、陽電子線源 2 から発生する陽電子を陽電子検出器 3 に入射させるためには、陽電子線源 2 と陽電子検出器 3 を一緒に容器 5 に入れる方が効率的であるからである。また、陽電子取り出し窓 6 に金属

箔を用いると好ましいのは、陽電子を透過させるために 0.01 mm 以下に薄くすることができ、しかも、容易に破損しない強度を持つためである。このような金属箔材料としては、ニッケル、ベリリウム、チタン、アルミニウム等が適している。 $\gamma$ 線検出器 4 を陽電子線源 2 をはさんで被測定材料 1 1 の反対側に置くと好ましいのは、 $\gamma$ 線を計測する有効立体角を大きくできるからである。

#### 【0022】

##### 【実施例】

以下、実際の例について説明する。

図 1 に示す構成の本発明の材料欠陥診断装置 1 において、2 枚のアルミニウム製の板に、10 マイクロキュリーの強さの  $^{22}\text{Na}$  陽電子線源 2 をはさんでネジで固定した。ここで、1 枚の板の中心部分には、直径 4 mm の穴があけてあり、陽電子検出器 3 としてアバランシェフォトダイオードをこの穴に接近させて固定した。アバランシェフォトダイオードの有効検出部の大きさは 5 mm  $\times$  5 mm であり、線源 2 から放出されて窓 7 から出てくる陽電子は全て、アバランシェフォトダイオードの有効検出部に入射する。アバランシェフォトダイオードの有効検出部の厚さは 0.1 mm であり、陽電子の大半は透過することができる。この線源 2 とアバランシェフォトダイオードを、直径 10 mm、厚さ 0.03 mm のチタン箔製の窓 7 を設けた、厚さ 1 mm のステンレス製の容器 5 に入れた。ステンレス製の容器 5 には光が入らないように設計してある。線源 2 を出て陽電子検出器 3 を透過した陽電子が、チタン製窓 7 を透過し、外部に取り出せるよう構成されている。 $\gamma$ 線検出器 4 としては  $\text{BaF}_2$  シンチレータを取り付けた光電子増倍管を用い、ステンレス製の容器 5 の外側で、線源 2 の真上の位置に固定した。

#### 【0023】

30 mm  $\times$  30 mm  $\times$  1 mm の形状の純鉄試験片を作製し、歪みを除去するために 600  $^{\circ}\text{C}$  で 1 時間焼鈍し、次に電界研磨によって表面酸化膜を取り除き、本発明の材料欠陥診断装置 1 を用いて陽電子寿命測定をおこなった。 $\gamma$ 線消滅信号は 300 カウント/秒であり、60 分の測定で、寿命解析に必要な 100 万カウントのデータが得られた。本装置を用いた場合、一部の陽電子がアバランシェフォトダイオードの中で消滅し、また、一部の陽電子はアバランシェフォトダイオ



ード内で散乱されて軌道が変わり、再び線源2に入射し、線源2内で消滅し、あるいは線源2を通り抜けて容器5に衝突して消滅することが予想され、その結果、シリコンあるいはステンレスの陽電子寿命成分が混ざることが予想される。線源2内の陽電子寿命は350ピコ秒、シリコンとステンレス鋼の陽電子寿命はいずれも、約200ピコ秒程度である。欠陥の少ない純鉄の陽電子寿命は105ピコ秒であることが知られているので、純鉄試験片の陽電子寿命測定を行い、105ピコ秒成分の割合を調べることによって、本装置の性能評価を行うことができる。得られた陽電子消滅データを、105ピコ秒、200ピコ秒、350ピコ秒の3つの寿命成分で解析し、強度比を求めた。結果を以下の表1に示す。

## 【0024】

表1の結果結果から、純鉄の寿命成分である105ピコ秒成分が55%測定されており、本発明装置を用いて、正しく被測定材料の寿命測定ができることがわかる。200ピコ秒成分が20%、350ピコ秒の成分が25%混ざっているが、これは、アバランシェフォトダイオード、線源2内で消滅する陽電子によるものである。これによる影響は、解析の際にこれらの成分を前もって除去しておくことによって軽減することができる。

## 【0025】

次に、比較のために、上述したのと同じ純鉄試験片をステンレス板で10マイクロキュリー線源をはさみ、2台の $\gamma$ 線検出器を用いて、サンドイッチ法で陽電子寿命測定を行った。 $\gamma$ 線検出器は、上で用いたものと同じBaF<sub>2</sub>シンチレータを電子増倍管に取り付けたもので、ステンレス板の後方で、板に対して45度の角度になるように並べた。 $\gamma$ 線検出器を2台ともステンレス板の後方に置くのは、大型の被測定物（例えば発電用ボイラー管等）を想定したとき、被測定使用の後方には $\gamma$ 線検出器を設置できないからである。線源には10マイクロキュリーの<sup>22</sup>Naを用いている。以下の表1に結果を示す。このときの $\gamma$ 線消滅信号は30カウント/秒であった。また、表1の結果から、本来の信号である105ピコ秒成分の強度比は40%で、一方200ピコ秒成分が40%、350ピコ秒成分が20%であることがわかる。

## 【0026】

以上の結果から、本発明では、従来法であるサンドイッチ法に比べて、信号強度が大きく、しかも、被測定材料からの信号の割合が大きくなることが示された。

【0027】

【表 1】

本発明	計測速度：300個／秒
	105ピコ秒成分：55%
	200ピコ秒成分：20%
	350ピコ秒成分：25%
サンドイッチ法	計測速度：30個／秒
	105ピコ秒成分：40%
	200ピコ秒成分：40%
	350ピコ秒成分：20%

【0028】

【発明の効果】

以上の説明から明らかなように、本発明によれば、陽電子線源、陽電子検出器およびγ線検出器を備え、陽電子線源と陽電子検出器を、光を通さない容器の中に設けるとともに、陽電子線源から照射されて、陽電子検出器を透過した陽電子を、外部に取り出す陽電子取り出し窓を容器に設けているため、装置自体の構成をコンパクトにすることができ、しかも、大型構造物の陽電子寿命を非破壊かつその場で、さらに短時間で効率よく測定することができる。

【図面の簡単な説明】

【図 1】本発明の陽電子を用いた材料欠陥診断装置の一例の構成を示す図である。

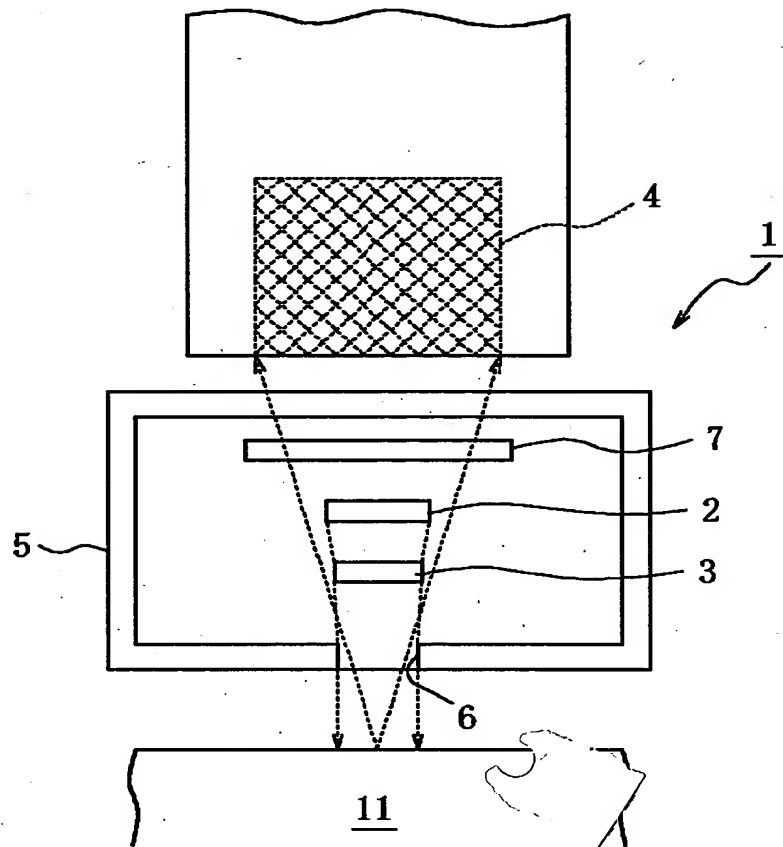
【図 2】ステンレス鋼についての陽電子平均寿命と疲労寿命比との関係を応力一定の場合と歪み一定の場合で示すグラフである。

【符号の説明】

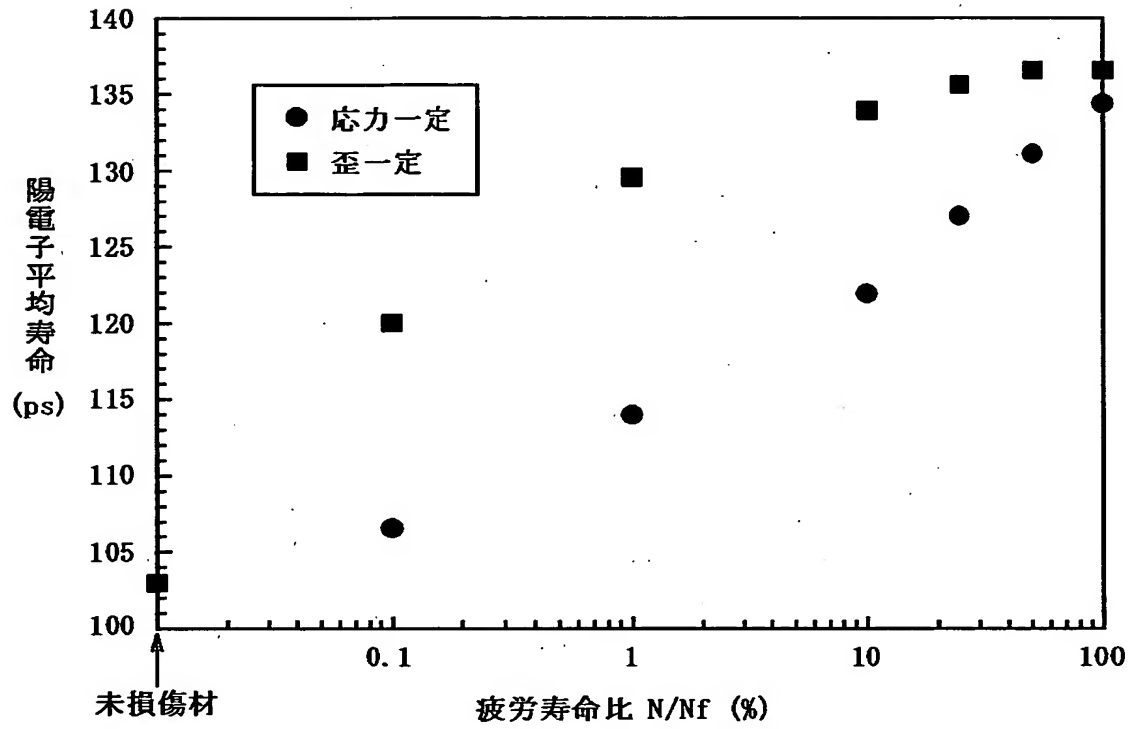
- 1 材料欠陥診断装置
- 2 陽電子線源
- 3 陽電子検出器
- 4  $\gamma$ 線検出器
- 5 容器
- 6 陽電子取り出し窓
- 7 陽電子遮蔽材
- 1 1 被測定材料

【書類名】 図面

【図 1】



【図2】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 大型構造物の陽電子寿命を非破壊かつその場で、さらに短時間で効率よく測定することができる陽電子を用いた材料欠陥診断装置および診断方法を提供する。

【解決手段】 陽電子を被測定材料 1 1 に入射させ、その陽電子の寿命を測定することにより、被測定材料 1 1 の劣化度合を評価する材料欠陥診断装置 1 であって、陽電子線源 2、陽電子検出器 3 および  $\gamma$  線検出器 4 を備え、陽電子線源 2 と陽電子検出器 3 を、光を通さない容器 5 の中に設けるとともに、陽電子線源 2 から照射されて、陽電子検出器 3 を透過した陽電子を、外部に取り出す陽電子取り出し窓 7 を容器 5 に設けた。

【選択図】 図 1

認定・付加情報

特許出願の番号	特願 2002-187249
受付番号	50200940540
書類名	特許願
担当官	第一担当上席 0090
作成日	平成14年 6月28日

<認定情報・付加情報>

【特許出願人】

【識別番号】	391016945
【住所又は居所】	大阪府吹田市山田丘1番1号
【氏名又は名称】	大阪大学長

【代理人】

申請人

【識別番号】	100072051
【住所又は居所】	東京都千代田区霞が関3-2-4 霞山ビル7階
【氏名又は名称】	杉村 興作

【選任した代理人】

【識別番号】	100059258
【住所又は居所】	東京都千代田区霞が関3-2-4 霞山ビル7階
【氏名又は名称】	杉村 暁秀

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号 [391016945]

1. 変更年月日	1991年 1月31日
[変更理由]	新規登録
住 所	大阪府吹田市山田丘1番1号
氏 名	大阪大学長